

# Экологически безопасные технологии на железнодорожном транспорте

**А. И. ПОТАПОВ**, заслуженный деятель науки РФ, Лауреат Государственной премии РФ и Премии Правительства РФ, академик РАЕН, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой приборов контроля и систем экологической безопасности Северо-Западного государственного заочного технического университета,

**Т. С. ТИТОВА**, докт. техн. наук, профессор, академик Международной академии наук экологии и безопасности человека и природы, зав. кафедрой «Техносферная и экологическая безопасность» Санкт-Петербургского государственного университета путей сообщения



**Железнодорожный транспорт остро нуждается во внедрении инновационных технологий, которые бы позволили повысить экологическую безопасность, качество и надежность его эксплуатации, безопасность движения. Особо актуальными в этом отношении являются ультразвуковые технологии, технологии неразрушающего контроля различных транспортных объектов и технологии утилизации отходов.**

## Ультразвуковые инновационные технологии

В данном направлении представлены основные результаты исследований и разработок, выполненных в научно-исследовательском центре ультразвуковых технологий Северо-Западного государственного заочного технического университета.

### Ультразвуковая упрочняюще-финишная обработка металлов

Эффективным методом снижения величины статических нагрузок при пластическом деформировании металлов является сообщение инструменту ультразвуковых колебаний. При воздействии ультразвука возникают сложные процессы: наложение динамических знакопеременных нагрузок на статические нагрузки, локальное поглощение ультразвуковой энергии, что в конечном итоге приводит к изменению условий течения металла и облегчению пластического деформирования.

Ультразвуковая упрочняюще-финишная обработка позволяет улучшить такие характеристики поверхностного слоя, как опорная поверхность, контактная жесткость, коэффициент трения скольжения и количество искажений в кристаллической решетке.

Исследования показали, что при сообщении инструменту ультразвуковых колебаний динамические силы в

несколько раз превышают статические нагрузки. Сложение статического напряжения в определенной части цикла делает суммарное напряжение достаточным для преодоления дислокациями потенциальных барьеров и более раннего пластического течения. Воздействие ультразвука также активизирует движение дислокаций, задержанных на препятствиях, способствует зарождению дислокаций внутри существующих источников и, таким образом, облегчает процесс пластической деформации.

Ультразвуковая обработка применяется после чистой токарной обработки. Ультразвуковой инструмент крепится в резцедержку универсального токарного станка и под действием статической силы, создаваемой пружиной, и импульсной динамической силы, создаваемой ультразвуковой колебательной системами, пластически деформи-

рует поверхностный слой детали, увеличивая его микротвердость. Таким образом снимаются остаточные макро- и микронапряжения, исчезают неровности поверхности и создается улучшенный поверхностный слой с регулярным характером микрорельефа.

В результате такой обработки микротвердость поверхности, в зависимости от исходной и вида обрабатываемого металла, повышается до 200%. Шероховатость снижается с Ra 3,2 до Ra 0,1; данное качество поверхности достижимо не только на термически обработанных и сырых сталях, но и на чугунах, на цветных и нержавеющей металлах и сплавах. Толщина наклепа может быть до 0,5 мм, в отдельных случаях — до 1,5–2 мм.

Оптимально сочетая статическую и динамическую составляющие силы ультразвуковой обработки, можно превысить предел текучести обрабатываемого металла и тем самым проводить коррекцию геометрии обрабатываемой детали. Предел контактной выносливости при этом повышается на 30–70%.

Отсутствие шаржированных в поверхность зерен абразива в два раза увеличивает срок службы сопряженных деталей (пар скольжения, уплотнительных сальников, сальниковой набивки и т. д.). Ультразвуковая обработка дает возможность изготавливать детали



Процесс ультразвуковой финишной обработки детали на токарном станке



Образцы деталей, обработанные ультразвуком

(любых машин и механизмов), для которых наличие абразива в технологической зоне недопустимо.

Регулярный микрорельеф повышает свойство удержания обработанной поверхностью масел и смазок, дополнительно снижает износ при возвратно-поступательном характере движения. Также повышается коррозионная устойчивость обработанной поверхности.

При общей поверхностной обработке происходит заживление микротрещин (до 0,3 мм в зависимости от свойств обрабатываемого материала), а при локальном воздействии — заживление трещин (до 0,8 мм).

Ультразвуковую упрочняюще-финишную обработку можно применять к наружным, внутренним, торцевым поверхностям, галтелям, канавкам, радиусам, сферам, конусам, деталям из различных металлов и их сплавов, в том числе закаленным и цементированным.

В отличие от шлифования, обкатывания шариком и многих других традиционных окончательных финишных операций обработки ультразвуковая упрочняюще-финишная обработка обеспечивает деталям циклическую прочность, большую износостойкость и усталостную прочность.

Ультразвуковое шлифование поверхности колесной пары и рельса позволяет существенно снизить уровни шума при движении поезда, особенно высокоскоростного.

**Ультразвуковая технология резания металлов**

Исследование процессов резания при подаче ультразвуковых колебаний на режущую кромку инструмента позволило установить существенное снижение износа режущей кромки инструмента: ультразвуковые колебания значительно снижают трение в зоне резки (на некоторых материалах, например на стеклопластике, в 8–10 раз) и позволяют снизить износ режущего инструмента, повысить чистоту поверхности, увеличить подачу. Снижение шероховатости поверхности металла достигает показателей до Ra 0,20–0,25 мкм, класс точности — до 2.

**Ультразвуковая технология обработки хрупких и твердых материалов**

Значительная интенсификация процессов наблюдается также при механической размерной обработке хрупких и твердых материалов. При ультразвуковой размерной обработке инструмент с большой частотой (18–25 кГц)



Оборудование для ультразвукового резания

ударяет по зернам абразивного материала, подаваемого вместе с водой в зону обработки. В свою очередь абразивные зерна ударяют по обрабатываемому материалу и вызывают его локальное разрушение. Таким способом можно обрабатывать хрупкие и твердые материалы (стекло, гранит, мрамор, кафельную и керамическую плитку, фарфор, бетон, поделочные и драгоценные камни, пластины кремния), к которым другие способы неприменимы. Полученное отверстие копирует форму инструмента. В материале не создается внутренних напряжений и нет опасности возникновения трещин.

Весьма эффективно применение ультразвука также при сверлении отверстий произвольной формы и полировке.

**Ультразвуковая технология пропитки волокнистых и композиционных материалов**

В производстве изделий из композиционных материалов (стеклопластиков, углепластиков и других наполненных полимеров) всегда актуальна проблема пропитки волоконных наполнителей, имеющих капиллярную структуру, вязким связующим (как правило, эпоксидным). За счет высокой вязкости вещества процесс удаления воздуха и других газов из капиллярной структуры наполнителя идет медленно, а газ полностью не удаляется. В результате снижаются характеристики материала (особенно диэлектрические).

Локальное воздействие кавитации позволяет эффективно удалять остаточный газ из наполнителя и быстро

заполнять капилляры связующим. В результате процесс пропитки значительно ускоряется, а содержание газов в изделии уменьшается. Таким образом, ультразвуковая пропитка позволяет существенно повысить адгезию связующего к наполнителю, снизить дефектность и повысить физико-механические свойства композиционных материалов.

Данная технология особо эффективна при пропитке деревянных шпал: скорость и качество их пропитки повышается в несколько раз.



Оборудование для ультразвуковой сварки пластмасс

### **Ультразвуковая технология мойки и чистки деталей**

Ультразвуковая мойка позволяет эффективно очищать труднодоступные участки поверхности: внутренние полости, поверхности сложного профиля. Основным фактором воздействия являются кавитация и течение жидкости в зоне ультразвукового воздействия. Эффективность ультразвуковой мойки во много раз превосходит эффективность мойки традиционными способами (щетками, губками, струей воды). Ультразвуковая мойка позволяет легко удалять жировые и масляные загрязнения, остатки эпоксидной смолы (в том числе и частично полимеризованной), нагар, окислы, остатки лакокрасочных покрытий. Наиболее часто данная технология применяется для обезжиривания поверхностей, мойки технологического оборудования, инструментов и изделий, очистки от нагара наружных и внутренних поверхностей форсунок двигателей внутреннего сгорания (бензиновых и дизельных).

### **Ультразвуковая технология сварки металлов и пластмасс**

Высокоэффективной является ультразвуковая сварка металлов (точечная и шовная). Высокое качество достигается в том числе и при сварке разнородных материалов: можно приварить медные или алюминиевые провода к керамике, стеклу, при этом отсутствуют остаточные внутренние напряжения.

При ультразвуковой сварке пластмасс (точечной и шовной) возможно соединение деталей из твердых пластмасс на расстоянии от места ввода ультразвуковой энергии, а также введение эффективной автоматизации и управление параметрами технологического процесса. В данной технологии не используются вредные для человека растворители, кроме того, исключаются расходы на соединительные материалы (клей, растворитель, нитки), необходимые при традиционных методах.

Магнитное воздействие на обрабатываемые детали и изделия позволяет либо убрать магнитное поле (в процессе эксплуатации), что исключает прилипание абразивных частиц, либо ввести магнитное поле в металл в процессе его обработки.

\*\*\*

Таким образом, широкое использование ультразвуковых технологий на железнодорожном транспорте и в других отраслях промышленности позволит осуществить прорыв в интенсифика-

ции производственных процессов и повысить качество изделий.

В рамках разработки и внедрения данных технологий на железнодорожном транспорте предлагаются для реализации следующие проекты:

- разработка ультразвуковой технологии и оборудования, позволяющих добиться упрочнения и повышения качества поверхности металла колесных пар в процессе их металлообработки;
- разработка ультразвуковой технологии и оборудования, позволяющих добиться упрочнения и повышения качества поверхности металла рельсового пути в процессе его металлообработки;
- разработка ультразвуковых технологий очистки и мойки крупногабаритных деталей и изделий подвижного состава с использованием проточных систем, а также малогабаритных ручных систем;
- разработка ультразвуковой технологии и оборудования резания металла для изготовления деталей и изделий подвижного состава;
- разработка ультразвуковой технологии и оборудования для сварки пластмасс;
- разработка ультразвуковой технологии и оборудования для пропитки деревянных шпал;
- разработка ультразвуковой технологии и оборудования для интенсификации процессов склеивания деталей подвижного состава.

### **Неразрушающие методы и средства контроля качества**

В настоящее время на железнодорожном транспорте широко распространены неразрушающие методы контроля (ультразвуковые, электромагнитные, рентгеновские и др.). В основном они применяются к металлическим деталям и изделиям (рельсам, колесным парам, сварным соединениям и др.). В данном направлении активно осваиваются разработки Петербургского государственного университета путей сообщения, ОАО «Радиоавионика», Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта и др.

Что касается методов и средств неразрушающего контроля неметаллов, то они разработаны намного хуже. Между тем на железнодорожном транспорте широко применяются такие материалы, как бетон и железобетон, древесина и ее производные, армированная резина, полимерные материалы, армированные различные волокна — из стекла, бора, углерода. Поскольку ме-

тоды и средства контроля металлических материалов в данном случае малоприменимы, весьма актуальной является задача создания аналогичных методов для неметаллов.

Дальнейшее развитие методов и средств неразрушающего контроля неметаллов сопряжено с решением задач теоретического характера. В частности, необходимо создание научно-методических основ для разработки и внедрения:

- низкочастотных широкополосных ультразвуковых (20–200 кГц) методов и средств неразрушающего контроля вязкости, пластичности, процессов твердения, упругих и прочностных характеристик и плотности неметаллических материалов непосредственно в конструкции;
  - акустоэмиссионных методов и средств диагностики и прогнозирования несущей способности конструкций из неметаллов;
  - микрорадиоволновых (сверхвысокочастотных) методов и средств бесконтактного НК вязкости, влажности, процессов твердения, пористости, дефектоскопии, толщины, напряженно-деформированного состояния в конструкциях из неметаллов;
  - тепловизионных методов и средств НК различных объектов железнодорожного транспорта (контактной сети, букс, трансформаторов, изоляторов, двигателей и др.);
  - голографических методов и средств дефектоскопии и бесконтактного контроля напряженно-деформированного состояния конструкций в реальном времени;
  - сверхширокополосной радиоинтероскопии различных конструкций и поперечного профиля железной дороги;
  - методов и средств акустической диагностики (вибродиагностики) машин и оборудования.
- Кроме того, нужно разработать методики и технические средства (приборы, стенды, приспособления и др.) неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта, ответственных за ресурс и безопасность движения (деревянных и железобетонных шпал, дорожного полотна, контактной сети, инженерных сооружений и др.).
- В Северо-Западном государственном заочном техническом университете (СЗТУ) накоплен значительный опыт и потенциал по разработке и практическому использованию методов и средств неразрушающего контроля деталей и изделий из неметаллических



композиционных материалов. В первую очередь разработки касались деталей, изделий и конструкций из пластмасс и полимерных композиционных материалов (стекла, органо-, угле-, боро-, асбестопластиков и др.), вспененных материалов (пенопластов, пеностекла, пенокерамики) и др. С 1965 по 2010 год в университете было получено 14 патентов и создано 10 приборов разных типов (низкочастотный авторезонансный акустический прибор, инфракрасный оптический дефектоскоп, масштабируемый универсальный логический телевизионный интроскоп — МУЛТИСКОП, оптическое устройство для контроля размеров порошков и др.) Для неразрушающего контроля изделий из неметаллов были усовершенствованы такие методы, как низкочастотный (20–200 кГц) ультразвуковой, акустоэмиссионный, свободных колебаний, радиоволновой, оптический, сверхширокополосной радиоинтроскопии, голографический, радиоэмиссионный и др.

Реализация неразрушающего контроля неметаллических материалов чрезвычайно затруднена в связи со значительной неоднородностью структуры, анизотропией и изменчивостью физических и физико-механических свойств, разнообразием форм и размеров различных деталей и конструкций. Поэтому для многих видов излучений (ультразвук, радиоволны, электромагнитные волны оптического диапазона и др.), при помощи которых производился контроль, характерно их высокое рассеяние и поглощение, что значительно затрудняет процесс контро-

ля, ограничивает диапазон контролируемых толщин и видов материалов.

Таким образом, для обеспечения эффективного неразрушающего контроля структурно-неоднородных и анизотропных материалов необходимо исследовать проблемы распространения и взаимодействия различных типов колебаний в подобных средах (ультразвук, микрорадиоволны и др.). В результате этих исследований должны быть получены экспериментальные эмпирические и теоретические расчетные выражения для определения физических и физико-механических характеристик структурно-неоднородных и анизотропных материалов в любом заданном направлении структуры. Необходимо создать теоретическую базу для прогнозирования прочности и несущей способности анизотропных цилиндрических оболочек из ПКМ по результатам НК, разработать методы расчета акустического тракта низкочастотного ультразвукового эхо-импульсного дефектоскопа и СВЧ-дефектоскопов.

Кроме того, экспериментальным путем должны быть получены зависимости, основанные на установлении эмпирической взаимосвязи прочности с комплексом физических характеристик (скорость и затухание продольных и поперечных упругих волн, интенсивность и суммарное количество импульсов акустической эмиссии, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла электрических потерь и др.).

Отличие предлагаемых разработок от известных зарубежных аналогов заключается в комплексном подходе, основанном на применении ультразвуково-

вого низкочастотного, акустоэмиссионного и метода голографической интерферометрии в реальном времени. Комплексный метод позволяет повысить коэффициент корреляции и уменьшить ошибку аппроксимации при контроле прочности.

В рамках данного направления предлагаются для реализации следующие проекты:

- разработка неразрушающих методов и средств контроля качества и дефектоскопии железобетонных шпал;
- разработка неразрушающих методов и средств контроля качества и дефектоскопии деревянных шпал;
- разработка методов и средств сверхширокополосной радиоинтроскопии дорожного полотна перед установкой рельсового пути;
- разработка технологий и приборов неразрушающего контроля при обследовании состояния промышленных зданий, инженерных сооружений (железобетонные опоры контактной сети, мосты, эстакады, путепроводы и др.), инженерных коммуникаций (кабельные сети, тепловые сети, коллекторы и др.) перед реконструкцией, ремонтом, а также после аварий и катастроф;
- разработка и исследование акустического электронного фонендоскопа-стетоскопа для контроля протечек и нарушения герметичности трубопроводов, емкостей и сосудов высокого давления;
- разработка и исследование малогабаритных контактных и бесконтактных приборов — влагомеров для контроля влажности сыпучих материалов, древесины и жидких веществ;

- разработка методов и средств неразрушающего контроля физико-механических свойств и качества чуунной и бронзовой арматуры контактной сети железной дороги;

- разработка и реализация тепловизионных методов и средств неразрушающего контроля электроэнергетического оборудования (контактная сеть, трансформаторы, изоляторы и др.) и теплоизоляции ограждающих конструкций;

- разработка методических комплексов и переподготовка специалистов по методам и средствам контроля подлинности железнодорожных документов;

- создание стационарной и передвижной лаборатории неразрушающего контроля различных объектов железнодорожного транспорта, которая включала бы в себя приборы контроля прочности бетонов; приборы контроля влажности строительных материалов (песок, цемент, древесина и др.); прибор контроля толщины защитного слоя арматуры в железобетоне; приборы контроля процессов твердения растворов и бетонов; электронную лазерную рулетку (бесконтактный измеритель расстояний); электронный лазерный прибор для определения горизонтали и вертикали; приборы контроля дефектов в бетонных и железобетонных конструкциях; тепловизионную установку для контроля контактной сети, электроэнергетического оборудования и теплоизоляции ограждающих конструкций; приборы для неразрушающего контроля теплофизических свойств строительных материалов и конструкций.

### Экологические технологии утилизации отходов с получением полезных продуктов

В процессе эксплуатации железнодорожного транспорта образуется значительное количество разнообразных отходов, утилизация которых является одной из серьезных проблем.

Наиболее распространенные отходы железнодорожного транспорта — отработавшие деревянные и железобетонные шпалы, которых накопилось миллионы кубометров.

Предлагается провести анализ наиболее эффективных технологий утилизации деревянных и железобетонных шпал. Применительно к переработке деревянных шпал особое внимание следует уделить термическим (пироллиз) методам переработки с получением полезных продуктов, а применительно к железобетонным шпалам — методам дробления с получением высококачественного щебня и металлической арматуры.

Значительные экологические проблемы создает перевозка железнодорожным транспортом нефтепродуктов. Происходит значительное загрязнение прилегающих территорий (особенно в местах погрузки и разгрузки нефтепродуктов), образуется значительное количество нефтешламов при мойке и зачистке цистерн и емкостей.

Технология очистки грунтов, воды и нефтешламов от нефтепродуктов с возвратом их к повторному использованию основана на экстракционном методе и включает стадии экстракции

нефтепродуктов, регенерации экстрагента и удаления минеральной части. Она позволяет очистить от загрязнений песок, суглинок, гальку, а также применима к разнообразным производственным отходам и стокам, содержащим нефтепродукты, отстойные и промывные шламы и т. д. При двухступенчатом противоточном процессе достигается глубина извлечения до 99 %.

Эффективность технологического процесса заключается в том, что обеспечивается возврат нефтепродуктов для повторного использования, например в качестве котельного топлива, битума, масел и др. При соответствующем сырье энергозатраты на работу установки могут быть покрыты применением извлеченных нефтепродуктов (8–10 %).

Технология реализуется на мобильном оборудовании, размещенном в транспортных контейнерах-модулях (*таблица*). В каждом модуле осуществляется определенная стадия технологического процесса. Полный комплект модулей обеспечивает автономность работы установки. При необходимости увеличения мощности по очистке количество модулей увеличивается.

Установку можно размещать на сухогрузах для сбора нефтяных загрязнений с поверхности воды, на железнодорожных платформах или на автопоездах. Возможно воздушное десантирование контейнеров в труднодоступные районы.

Модульная промышленная установка состоит из четырех двадцатифутовых контейнеров, один из которых представляет собой энергетический блок, обеспечивающий функционирование



всей установки. При стационарной эксплуатации установки с имеющимися источниками энергии указанный блок может не поставляться.

В настоящее время вырабатывается и используется большой ассортимент машинных масел и смазок, к которым можно отнести:

- моторные масла, предназначенные для уменьшения износа деталей двигателей (карбюраторных и дизельных), уменьшения расхода энергии на трение, удаления из узлов трения продуктов износа и отвода тепла;

- трансмиссионные масла, используемые для снижения потерь энергии при преодолении трения и уменьшения износа трущихся деталей, отвода тепла и удаления продуктов износа из узлов трения;

- индустриальные масла, предназначенные для смазки машин и механизмов разнообразного промышленного оборудования;

- масла специального назначения (трансформаторные, конденсаторные, кабельные, турбинные, компрессорные и другие).

К качеству каждого типа масел предъявляются специфические требования, изложенные в технических условиях на масло данного назначения. Основными из них, характеризующими поведение масла при эксплуатации, являются устойчивость против окисления кислородом воздуха; сохранение температурно-вязкостных характеристик; отсутствие коррозионноактивных веществ.

При организации процессов регенерации масел приходится учитывать эти требования, а также и то, что на переработку обычно поступает смесь различных типов масел.

В процессе эксплуатации масел происходит термоокислительная деструкция их компонентов, сопровождающаяся образованием низкомолекулярных нейтральных и кислых веществ. К нейтральным обычно относят альдегиды, спирты, кетоны, сложные эфиры, смолы и асфальтены. Их накопление в работающем масле сопровождается понижением его температуры вспышки, увеличением вязкости (за счет накопления продуктов конденсации альдегидов и кетонов), ростом коксуемости. В результате последовательных окислительных превращений в маслах накапливаются смолы, асфальтены и твердые вещества — карбоиды. Эти продукты окисления откладываются в маслопроводах, холодильниках и на смазываемых деталях.

Образующиеся при окислении масел вещества представлены органически-

**Таблица.**

**Технические характеристики модульной передвижной установки периодического типа по очистке сред от нефтяных загрязнений**

Название модуля	Количество модулей	Масса модуля, т	Масса модуля в работе, т
Блок экстракционный	1	6,7	20
Блок сборников и насосов	1	7,0	23
Блок регенерации экстрагента	1	7,5	33
Блок энергетический	1	7,5	11,5
Всего	4	28,7	87,5
Габариты модулей, мм			6058 × 2438 × 2591
Производительность, т очищаемого сырья			1–10
Глубина извлечения, %			98,0–98,5
Используемые экстрагенты			толуол или сольвент (нефтяной, каменноугольный или сланцевый)
Расход экстрагента, т/год			12,7
Расход топлива, т/год			210

ми кислотами, кето- и окисиклотами и веществами фенольной природы. Низкомолекулярные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая и др.) являются активными агентами коррозии. Одновременно образующиеся высокомолекулярные кислоты в присутствии воды также могут разрушать металлические детали. Получающиеся при этом соли (мыла) также могут отлагаться в маслопроводах, в картере двигателя и на смазываемых деталях в виде вязкого шлама. Они тоже способствуют образованию устойчивых эмульсий, состоящих из масла, воды и твердых частиц. Попадая на горячие детали, эти вещества образуют твердые отложения на поверхностях поршней, в поршневых канавках, на клапанах и в выхлопных трубах. В результате увеличения вязкости масла уменьшается его доступ ко всем узлам трения, что способствует ускоренному износу механизма. Таким образом, перед повторным использованием масла из него должны быть удалены накопившиеся посторонние вещества.

Исследования, проведенные в пробной лаборатории системных исследований окружающей среды (СЗТУ), показали возможность получения из отработанных нефтепродуктов базовых компонентов смазочных масел или котельных топлив. На сегодняшний день имеются все необходимые данные для выполнения инженерных расчетов и проектирования опытно-промышленной установки производительностью до 10 т в сутки.

При обработке смесей отработанных масел были достигнуты следующие результаты:

- очистка масел от твердых частиц;
- полное удаление воды;
- удаление нейтральных и кислых продуктов окислительной деструкции,

что позволило получать очищенный продукт с температурой вспышки не ниже 220 °С без коррозионноактивных компонентов.

Использование разработанной технологии регенерации и утилизации дает возможность повторного использования 95–98 % отработанных масел. На установке могут быть переработаны различные шламы, содержащие нефтепродукты, а также произведена очистка загрязненной почвы. Установка мобильна и может транспортироваться в любое место, где есть потребность в переработке нефтепродуктов. Ее пуск уменьшит загрязнение всех компонентов биосферы опасными веществами.

В рамках данного направления предлагаются для реализации следующие проекты:

- разработка технологии и оборудования для утилизации деревянных шпал с получением полезных продуктов;
- разработка технологии и оборудования для утилизации железобетонных шпал с получением полезных продуктов;
- разработка технологии и оборудования для очистки загрязненных грунтов и нефтяных шламов от нефтепродуктов с возвратом их к повторному использованию;
- разработка технологии и оборудования для переработки отработавших машинных масел и смазок.

Внедрение вышеописанных разработок на железнодорожном транспорте невозможна без подготовки и переподготовки специалистов. В связи с этим предлагается ввести переподготовку специалистов по ультразвуковому контролю, по технологиям утилизации отходов железнодорожного транспорта, по контролю подлинности документов железнодорожного транспорта.